



## ARTICLE

# Kajian Penggunaan Serat Selulosa Alami Dari Daun Nanas (Serat Nanas) Sebagai Bahan Stabilizer Campuran Beraspal SMA

Yuliana Putri, Leo Sentosa,<sup>\*</sup> and Edi Yusuf Adiman

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12.5, Pekanbaru 28293

<sup>\*</sup>Corresponding author. Email: leo.santosa@eng.unri.ac.id

(Received 1 January 2023; revised 16 January 2023; accepted 19 January 2023; first published online 24 January 2023)

### Abstract

SMA asphalt mixture is an asphalt mixture with gap graded, so this type of pavement requires a high asphalt content. High asphalt content in the mixture has positive and negative impacts. The advantage is that it can make the mixture resistant easily oxidization and can make increase the durability of the road pavement layer. The disadvantage is prone to drain down (a condition where the binder (asphalt) will flow or separate from the mix) in the form of cellulose fibers or polymer fibers. This results in a mixture of SMA which is more resistant to deformation, deflection, and cracking and is stable to withstand the load of the vehicle's wheels. The additives commonly used are synthetic cellulose fibers, called Arbocell and Viatop66. This product is manufactured in Rosenberg–Germany. The use of this product causes problems, namely the high price and depends on the dollar price, and requires additional procurement costs in the form of import costs. Therefore, it is necessary to find an alternative to replace the cellulose fiber with natural fibers that have characteristics that are close to synthetic fibers. Based on the literature review, several natural cellulose fibers that have been successfully used as additives for SMA mixtures are rice bran fiber, palm fiber, coconut fiber, and pineapple leaf fiber, coconut fiber, kapok fiber, corn cobs. With cellulose content ranging from 14 – 64 %, it shows good performance. Therefore, pineapple leaf fiber with a higher cellulose content of 69.5–71.5 % has the potential to be used as an additive because it has a cellulose content that is close to synthetic fiber.

**Keywords:** Stone Matrix Asphalt (SMA), Stabilizer, Marshall, Serat Daun Nanas

## 1. Pendahuluan

Konstruksi jalan di Indonesia banyak mengalami kerusakan yang disebabkan oleh cuaca serta peningkatan volume lalu lintas sehingga menyebabkan kerusakan pada jalan sebelum habis masa layannya (Bramasta, Hasanuddin, and Wicaksono 2020). Di Indonesia terdapat sepanjang 180.244 km atau 33,5 persen jalan yang mengalami kerusakan berdasarkan data Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2016. Kualitas jalan yang baik akan memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengendara (Faisal, Hakim, and Muctaruddin 2020) . Oleh sebab itu, diperlukan jenis campuran perkerasan yang mempunyai stabilitas dan durabilitas tinggi, tidak peka terhadap panas,

tahan oksidasi, serta memiliki daya serap air yang cukup tinggi untuk menghindari atau meminimalisir terjadinya keretakan dan kerusakan pada aspal jalan (Abdillah, Pradani, and Batti 2018). Salah satu pengembangan campuran beraspal yaitu campuran beraspal SMA, dimana jenis campuran ini dianggap mempunyai kelebihan dibandingkan campuran beraspal jenis lainnya, seperti Asphaltic Concrete (AC) dan Hot Rolled Sheet (HRS). Diantara kelebihan tersebut yaitu mempunyai skid resistant yang tinggi karena kadar agregat kasar yang besar, lebih awet karena kadar aspal yang tinggi dan distabilisasi dengan serat selulosa. Campuran jenis ini diperuntukkan bagi jalan dengan beban lalu lintas yang berat, tanjakan, dan pada tempat-tempat dimana permukaan perkerasan menerima pembebanan roda yang berat. Hal ini disebabkan karena campuran beraspal Stone Matrix Asphalt (SMA) didesain khusus untuk meningkatkan durabilitas, kekesatan, fleksibilitas, ketahanan alur dan ketahanan terhadap oksidasi (Abdillah 2016).

Jenis perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia yaitu AC yang mulai digunakan pada tahun 70-an, namun penggunaan AC dengan tebal minimum pada daerah yang belum mantap sebagai implikasi keterbatasan dana menyebabkan kerusakan berupa retak-retak. Kerusakan tersebut diperkirakan terjadi karena kepekaan AC terhadap ketelitian pelaksanaan dan pelapukan selaput aspal. Pada pertengahan tahun 80-an, mulai dikenal HRS yang mempunyai kelenturan yang tinggi, selaput aspal yang lebih tebal, dan lebih toleran terhadap ketelitian pelaksanaan. Perkerasan jenis HRS dapat mengatasi permasalahan retak, namun menimbulkan deformasi permanen. Penyebab kegagalan campuran HRS ini diperkirakan akibat kegagalan memenuhi persyaratan gradasi senjang dan persyaratan kadar aspal. Dengan meningkatnya beban lalu lintas yang harus dilayani, perlu dikembangkan campuran material yang dianggap mempunyai daya tahan tinggi dibanding jenis aspal lainnya, dimana diharapkan dapat mengatasi masalah deformasi permanen, tanpa harus mengorbankan faktor keawetan dan ketahanan campuran terhadap retak lelah. Salah satu material yang dikembangkan adalah jenis SMA (Suaryana 2012).

SMA adalah campuran beraspal panas yang terbentuk dari 2 bagian utama yaitu kerangka agregat kasar (coarse aggregate skeleton) dan campuran agregat halus, bahan pengisi (filler) dan aspal dengan kadar yang tinggi (rich asphalt binder mortar). Proporsi agregat kasar yang tinggi diikat oleh mastic (campuran agregat halus, filler, bahan tambah dan aspal dengan proporsi besar), sehingga campurannya membentuk stone on stone skeleton contact (kontak langsung antar butiran-butiran agregat kasar) sehingga menjadi sebuah kerangka batuan yang efisien untuk penyebaran beban. Struktur butiran ini akan saling bertumpu dan membentuk satu kesatuan ikatan (interlocking) antara satu dan lainnya (AASHTO M 325-08 2012). Sumber kekuatan dari campuran SMA ini berasal dari kerangka agregat kasar yang membentuk kontak langsung antar butiran-butiran agregat kasar (stone on stone skeleton contact) dan dari kandungan mastic yang tinggi (Blazejowski 2010). Campuran SMA merupakan campuran beraspal dengan gradasi senjang (gap graded), sehingga jenis perkerasan ini membutuhkan kadar aspal yang tinggi untuk mengisi rongga antar agregat (Blazejowski 2010). Kadar aspal yang tinggi di dalam campuran menimbulkan dampak positif dan negatif. Dimana dampak positifnya yaitu dengan tingginya kadar aspal di dalam campuran akan membuat campuran menjadi tahan terhadap sinar ultraviolet dan oksidasi, sehingga akan meningkatkan daya tahan dari lapisan perkerasan jalan. Sedangkan dampak negatifnya yaitu dengan tingginya kadar aspal dan rongga yang cukup besar sehingga rentan terjadinya draindown (Suaryana 2012).

Oleh sebab itu, jenis campuran ini membutuhkan bahan tambah yang berfungsi sebagai stabilizer yaitu menahan terjadinya draindown (pengaliran aspal) baik berupa serat selulosa, fiber atau polimer sehingga menghasilkan campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, lendutan, retak, dan gelombang dari beban kendaraan serta keausan akibat roda kendaraan (Abdillah, Pradani, and Batti 2018). Draindown merupakan kondisi dimana bahan pengikat (aspal) akan mengalir atau terpisah sebagian dari campuran. Kondisi ini terjadi saat campuran SMA masih panas, baik ketika pengangkutan maupun pelaksanaan penghamparan di lapangan, sehingga akan terbentuk spot-spot aspal pada permukaan perkerasan jalan yang telah selesai dikerjakan (Radetyo 2016).

Bahan tambah yang biasa digunakan dalam campuran SMA yaitu serat selulosa sintesis yang disebut Arbocell (Aminin, Hasanuddin, and Koesoemawati 2020). Selain arbocell, serat sintesis lain yang umum digunakan yaitu Viatop66. Kedua jenis bahan tambah ini diproduksi oleh perusahaan yang sama dan berpusat di Rosenberg-Jerman (Abdillah, Pradani, and Batti 2018). Penggunaan bahan sintesis ini menimbulkan permasalahan yaitu harga produk yang mahal dan tergantung pada harga dolar serta membutuhkan biaya pengadaan tambahan berupa biaya impor. Oleh sebab itu perlu dicari alternatif pengganti serat selulosa tersebut dengan serat alami yang memiliki karakteristik yang mendekati arbocell dan Viatop66 (Ramadani 2020).

Nanas merupakan salah satu tanaman penghasil serat alami yang selama ini hanya dimanfaatkan buahnya saja sebagai sumber bahan pangan (Firman, Muris, and Junaidi 2015). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil nanas terbesar dunia, menempati posisi ketiga setelah Thailand dan Filipina (Purwanto 2010). Daun nanas mengandung serat alami dimana serat daun nanas tersebut memiliki kandungan serat selulosa sebesar 69,5–71,5% (Jayanuddin, 2009). Melihat potensi serat nanas yang mengandung serat selulosa dengan kadar yang tinggi tersebut, serat nanas memiliki peluang menjadi bahan tambah pada campuran SMA. Pemanfaatan serat nanas sebagai bahan tambah dalam campuran SMA merupakan salah satu upaya dalam pemanfaatan limbah daun nanas pasca panen yang biasanya hanya menjadi limbah organik yaitu sebagai pupuk.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Review SMA

Stone Matrix Asphalt (SMA) adalah campuran aspal panas yang terbentuk dari 2 bagian yaitu kerangka agregat kasar (coarse aggregate skeleton) dan campuran agregat halus, bahan pengisi (filler) dan bitumen dengan kadar yang relatif tinggi (rich asphalt binder mortar). Proporsi agregat kasar yang tinggi diikat oleh mastic (campuran agregat halus, filler, bahan tambah dan bitumen dalam proporsi besar), sehingga campurannya membentuk stone on stone skeleton contact (kontak langsung antar butiran-butiran agregat kasar) sehingga menjadi sebuah kerangka batuan yang efisien untuk penyebaran beban. Struktur butiran ini akan saling bertumpu dan membentuk satu kesatuan ikatan (interlocking) antara satu dan lainnya (AASHTO M 325-08 2012). Berikut kelebihan dari campuran SMA (Blazejowski 2010) : (a) Massa layan yang panjang, (b) Ketahanan yang tinggi terhadap deformasi karena kandungan agregat kasar yang tinggi dan kerangka yang kuat dari partikel agregat yang saling bertautan, (c) peningkatan umur kelelahan sebagai akibat dari kandungan pengikat yang lebih tinggi, (d) peningkatan ketahanan aus lalu lintas dalam layanan karena adanya butiran agregat kasar yang keras, (e) tekstur permukaan lapisan baik dan memiliki pori sehingga air yang terdapat di permukaan jalan dapat mengalir ke lapisan yang berada di bawahnya, (f) dapat mengurangi kebisingan lalu lintas. Lapisan SMA juga memiliki kelemahan yaitu : (a) ketahanan selip awal yang rendah, (b) biaya campuran mahal dibandingkan beton aspal konvensional (biaya awal dapat meningkat 10–20 persen karena kandungan pengikat, pengisi, dan stabilizer yang lebih tinggi, tetapi masa pakai perkerasan yang diperpanjang dapat menghasilkan pengurangan biaya siklus hidup), (c) risiko terbentuk spot-spot aspal di permukaan akibat kesalahan atau variabilitas selama desain, produksi, atau konstruksi SMA.

Berdasarkan gradasi campuran, SNI 8129:2015 (BSN 2015) menjelaskan terdapat 3 jenis SMA, yaitu : (1) SMA tipis, dimana ukuran partikel agregat maksimum yaitu 12,5 mm, toleransi tebal lapisan 2 mm dan tebal minimum 30 mm. Digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan setempat seperti perbaikan deformasi pada jalur roda ban (rutting), (2) SMA halus, dimana ukuran partikel agregat maksimum yaitu 19 mm, toleransi tebal lapisan campuran 3 mm dan tebal minimum 40 mm. Digunakan untuk pelapisan overlay pada jalan lama, (3) SMA kasar, dimana ukuran partikel agregat maksimum pada campuran adalah 25 mm, toleransi tebal lapisan campuran 3 mm dan tebal minimum 50 mm. Digunakan untuk lapis aus (wearing course) pada jalan baru. Jenis SMA yang sama juga dijelaskan didalam spesifikasi terbaru di Indonesia yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga

(Ditjen Bina Marga 2020).

Bahan Penyusun campuran beraspal SMA sama dengan bahan penyusun pada jenis perkerasan lainnya, terdiri dari agregat kasar, halus, filler dan bahan pengikat. Namun campuran SMA memiliki satu bahan penyusun utama lain yaitu bahan tambah (additive). Material penyusun Stone Matrik Asphalt (SMA) adalah (Tahir 2011) : (a) agregat, merupakan material yang memiliki porsi paling besar yang digunakan dalam campuran SMA. Kandungan agregat pada campuran SMA terdiri dari agregat kasar 75–80 persen dan agregat halus  $\pm$  14 persen dari komposisi total campuran, (b) aspal, berfungsi sebagai bahan pengikat yang mengikat agregat satu dengan agregat yang lain, sehingga agregat satu dengan yang lain dapat saling mengunci (tidak dapat terpisah), (c) bahan pengisi, berfungsi untuk mengisi rongga-rongga udara yang terdapat dalam campuran. Kandungan filler pada campuran SMA  $\pm$  10 persen dari komposisi campuran, (d) bahan tambah, berfungsi untuk menstabilkan aspal serta meningkatkan durabilitas campuran SMA.

Kekuatan dari lapis Stone Matrix Asphalt (SMA) berasal dari kekuatan rangka agregat kasar (skeleton contact) dan rongga diantara agregat tersebut diisi oleh mastic dengan kadar bahan pengikat yang tinggi untuk memberikan durabilitas yang baik pada perkerasan. Apabila dibandingkan dengan jumlah bahan pengikat campurannya, luas permukaan dari butiran agregat penyusun campuran SMA masih terlalu kecil. Oleh sebab itu bahan pengikat yang tidak mengikat butiran-butiran agregat penyusun campuran atau tidak melekat pada permukaan butiran-butiran agregatnya, sehingga akan mengalir keluar dari campuran SMA. Kondisi dimana bahan pengikat (aspal) akan mengalir atau terpisah sebagian dari campuran itu disebut dengan draindown. Draindown terjadi saat kondisi campuran SMA masih panas baik pada saat pengangkutan dan pelaksanaan penghamparan di lapangan, sehingga akan terbentuk spot-spot aspal pada permukaan perkerasan jalan yang telah selesai dikerjakan. Untuk mencegah atau mengurangi terjadinya draindown, campuran SMA membutuhkan bahan tambah yang ditambahkan ke dalam campuran yang berfungsi sebagai penstabil bahan pengikat (stabilizer) (Blazejowski 2010).

Bahan tambah yang berfungsi untuk menahan draindown dapat berupa serat selulosa, fiber atau polimer sehingga menghasilkan campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, lendutan, retak, dan gelombang dari beban kendaraan serta keausan akibat roda kendaraan (Abdillah, Pradani, and Batti 2018). Serat selulosa yang umum digunakan dikemas dalam bentuk : (a) serat lepas (loose fibers), yaitu dalam bentuk benang selulosa yang bentuknya tidak beraturan, (b) pelet (pellets), yaitu serat selulosa berbentuk butiran-butiran tanpa bahan pengikat, (c) granulated products, yaitu produk berbentuk butiran-butiran silinder yang terdiri dari benang yang dilapisi dengan pengikat bitumen atau bahan lain (misalnya, lilin atau plastik).

Bahan tambah yang biasa digunakan dalam campuran SMA yaitu serat selulosa sintesis yang disebut Arbocell (Aminin, Hasanuddin, and Koesoemawati 2020). Selain arbocell, serat sintesis lain yang umum digunakan yaitu Viatop66 (Abdillah, Pradani, and Batti 2018). Karakteristik kedua jenis bahan tambah tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Table 1.** Karakteristik Serat Arbocell

(Santoshkumar et al. 2020)

No	Karakteristik	Hasil Pengujian
1	Penampilan Fisik	Serat panjang, berwarna abu-abu
2	Kadar Selulosa	80 5%
3	Rata-Rata Panjang Serat	1100
4	Rata-Rata Ketebalan Serat	45
5	Bulk Density	200 g/l – 280 g/l
6	Ketahanan terhadap Suhu	200 C
7	pH	1%

**Table 2.** Karakteristik Serat Viatop66

(Abdillah, Pradani, and Batti 2018)

No	Karakteristik	Hasil Pengujian
1	Persentase Arbocell ZZ 8-1	65-70%
2	Rata-Rata Panjang Serat	2-10 mm
3	Rata-Rata Ketebalan Serat	5 1 mm
4	Bulk Density	480-530 g/l
5	Analisa Saringan > 3,55 mm	Max 5%

## 2.2 Review Serat Selulosa Alami Pada SMA

Setelah melakukan kajian studi literatur, ditemukan berbagai penelitian terdahulu terkait penggunaan berbagai jenis bahan tambah dengan serat selulosa alami pada campuran SMA sebagai berikut :

Penelitian campuran SMA tentang pengaruh penggunaan serat dedak padi dilakukan oleh Tahir (2011). Salah satu kandungan kimia yang terkandung di dalam dedak padi yaitu selulosa, dimana kadarnya bervariasi tergantung pada varietas padi. Kandungan selulosa dedak padi jenis Ir.66 14,41 %, jenis Cigelis 15,46%, dan jenis Inpari 16,41% (Manaf 2021). Dengan kandungan selulosa tersebut, serat dedak padi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena memiliki karakteristik kandungan selulosa seperti Arbocell dan Viatop66. Penelitian ini menggunakan 6 variasi kadar aspal yaitu 5,5 ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5% ; 8% dan 6 variasi kadar dedak padi yaitu 0%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%. Hasilnya menunjukkan bahwa stabilitas tertinggi dicapai pada kadar aspal 5,5 % dan kadar dedak padi 7%, fleksibilitas campuran dinyatakan dengan Marshall Quotient (MQ) menunjukkan kinerja yang baik pada kadar aspal 6,5-7,5% dengan variasi kadar dedak 6%-8%. Durabilitas campuran yang dinyatakan dengan nilai stabilitas sisa menunjukkan peningkatan dengan meningkatnya variasi kadar dedak padi dalam campuran hingga batas optimum, kemudian mengalami penurunan. Nilai durabilitas yang didapat berdasarkan urutan variasi kadar dedak padi 0, 5, 6, 7, 8, 9% yaitu 94,88%, 95,17 %, 98,18%, 99,76%, 97,05%, dan 95,95%. Kadar dedak padi yang optimum sebagai bahan tambah dalam campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yaitu 7% dengan kadar aspal sebesar 6%-7% (Tahir 2011).

Penelitian campuran SMA tentang pengaruh penggunaan serat ijuk dilakukan oleh Hasibuan (2019). Karakteristik serat ijuk yaitu massa jenis serat ijuk 1,136 gram/cm<sup>3</sup>, kandungan kimia berupa kadar air 8,90 % ; selulosa 51,54 % ; hemiselulosa 15,88 % ; lignin 43,09 % dan abu 2,54 % (Prasetyo, Estriyanto, and Harjanto 2013). Penelitian lain menyebutkan bahwa kandungan kimia berupa selulosa sebesar 49,44%, hemiselulosa 15,71% dan lignin 35,51% dan derajat kristalinitas 35,46% (Sitepu 2019). Dengan kandungan selulosa tersebut, serat ijuk berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena memiliki karakteristik kandungan selulosa seperti Arbocell dan Viatop66. Penelitian ini melakukan pengujian pada campuran SMA standar dan campuran SMA dengan kadar ijuk sebesar 0,3% dan variasi kadar aspal 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk 0,3% memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 dan pada beberapa karakteristik marshall seperti bulk density, stability dan air void lebih tinggi dibanding SMA standar namun lebih rendah pada karakteristik flow dan VMA. Dari hasil Marshall Test pada campuran 0,3% serat ijuk diperoleh nilai stabilitas sebesar 739 kg, Bulk Density 2,230 gr/cc, flow 2,68 mm, VIM 4,90%, dan VMA sebesar 17,37% (Hasibuan 2019).

Penelitian campuran SMA tentang pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas dilakukan oleh Oktaviani (2019). Karakteristik serat serabut kelapa yaitu selulosa 32,69%, hemiselulosa 22,56% dan lignin 42,10%. Penelitian lain menyebutkan bahwa kandungan selulosa serat sabut kelapa sebesar 37,9 % (Kondo and Arsyad 2018). Sedangkan serat daun nanas memiliki kandungan serat selulosa sebesar 69,5 % - 71,5 % (Hidayat 2008). Dengan kandungan selulosa

tersebut, serat serabut kelapa dan serat daun nanas berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena memiliki karakteristik kandungan selulosa seperti Arbocell dan Viatop66. Penelitian ini melakukan pengujian pada campuran SMA standar dan campuran SMA dengan 0,2% kadar serat serabut kelapa ditambah 0,3% kadar serat daun nanas dengan variasi kadar aspal 5,5%, 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %. Hasilnya menunjukkan bahwa pada kadar aspal optimum dengan penambahan serat serabut kelapa 0,2 % dan serat daun nanas 0,3 % menghasilkan nilai tertinggi yaitu nilai stabilitasnya sebesar 874 kg, bulk density 2,231 gr/cc, flow 2,51 mm, void in mineral aggregate (VMA) 17,23 %, Air Voids 4,89 % dibanding pada kadar aspal optimum berkondisi normal (Oktaviani 2019).

Penelitian campuran SMA tentang pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dilakukan oleh Lubis (2019). Karakteristik serat serabut kelapa yaitu selulosa 32,69%, hemiselulosa 22,56% dan lignin 42,10%. Penelitian lain menyebutkan bahwa kandungan selulosa serat sabut kelapa sebesar 37,9% (Kondo and Arsyad 2018). Dengan kandungan selulosa tersebut, serat serabut kelapa berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena memiliki karakteristik kandungan selulosa seperti Arbocell dan Viatop66. Penelitian ini melakukan pengujian pada campuran SMA standar dan campuran SMA dengan kadar serabut kelapa sebesar 0,3% dan variasi kadar aspal 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan serat serabut kelapa 0,3% memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 dan pada beberapa karakteristik marshall seperti bulk density, stability dan air void lebih tinggi dibanding SMA standar namun lebih rendah pada karakteristik flow dan VMA. Hal itu di sebabkan karena semakin banyak kadar serat serabut kelapa dalam campuran penambahan SMA tersebut maka akan semakin menutupi rongga-rongga dalam campuran (air voids), dan juga semakin berkurangnya jika tidak memakai serat pada campuran normal yang terjadi kelelahan (fow) yang di sebabkan bertambahnya rongga udara antar agregat (VMA). Dari hasil Marshall Test pada campuran 0,3% serat serabut kelapa diperoleh nilai stabilitas sebesar 752 kg, Bulk Density 2,232 gr/cc, flow 2,56 mm, VIM 4,81%, dan VMA sebesar 17,04% (Lubis 2019).

Penelitian campuran SMA tentang pengaruh penggunaan serat kapuk dilakukan oleh Aminin, Hasanuddin, and Koesoemawati (2020). Karakteristik serat kapuk yaitu kelarutan air dingin 2.95% dan kelarutan air panas 4.05%, holoselulosa 95.93%, selulosa 34.94%, hemiselulosa 57.38%, dan lignin klason 13.18% (Rohmatullah, M Arif and Maulia, Pradila and Maulia, Pradita and Ulfyanti, Sakinah and Amir, Faizal and Nawawi, Deded Sarip 2013), selulosa 64% (Mardiyati et al. 2016). Dengan kandungan selulosa tersebut, serat kapuk berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena memiliki karakteristik kandungan selulosa seperti Arbocell dan Viatop66. Penelitian ini melakukan pengujian pada campuran SMA standar dan campuran SMA dengan variasi serat kapuk 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,075% dan 0,1% terhadap berat campuran dengan KAO 6,49%. Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan campuran yang dilihat dari nilai stabilitas memiliki nilai tertinggi pada kadar 0,075% serat kapuk dengan nilai stabilitas 1539,2 kg. Berdasarkan nilai keawetan (durabilitas) campuran dilihat dari nilai flow terbesar dan MQ terendah yaitu terdapat pada kadar 0,1% dengan nilai flow 3,85 dan nilai MQ 327,62. Secara keseluruhan penambahan serat kapuk 0,01%, 0,025%, 0,075% dan 0,1% menghasilkan nilai karakteristik yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, kecuali pada kadar serat kapuk 0,05% tidak memenuhi spesifikasi (Aminin, Hasanuddin, and Koesoemawati 2020).

Penelitian campuran SMA tentang pengaruh penggunaan serat selulosa alami tongkol jagung dilakukan oleh Bramasta, Hasanuddin, and Wicaksono (2020). Karakteristik serat tongkol jagung yaitu hemiselulosa 38%, selulosa 41%, dan lignin 6% (Parhusip 2017). Dengan kandungan selulosa tersebut, serat tongkol jagung berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena memiliki karakteristik kandungan selulosa seperti Arbocell dan Viatop66. Penelitian ini melakukan pengujian pada campuran SMA dengan menggunakan 5 variasi penambahan serat selulosa alami dari tongkol jagung yaitu 0,15%; 0,30%; 0,45%; 0,6%; 0,75% terhadap berat campuran

dengan KAO 6,41%. Hasilnya menunjukkan bahwa serat selulosa tongkol jagung berpengaruh pada karakteristik marshall yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA,. Namun tidak semua kadar varians serat selulosa memenuhi spesifikasi. Varians penambahan serat selulosa yang memenuhi spesifikasi karakteristik marshall adalah kadar 0,15% sampai dengan 0,45%. Sedangkan pada kadar serat selulosa 0,6% nilai karakteristik VIM tidak lolos spesifikasi, dan pada kadar serat selulosa 0,75% tidak memenuhi spesifikasi untuk karakteristik VIM dan flow. Untuk kadar optimum serat selulosa yang ditambahkan pada campuran SMA dipilih kadar 0,15% sampai dengan 0,3%, karena pada range tersebut terjadi peningkatan kinerja kekuatan yang terbaik, didukung seluruh karakteristik lainnya lolos spesifikasi Bina Marga tahun 2018. Penggunaan serat selulosa alami tongkol jagung menghasilkan nilai stabilitas yang cukup tinggi dengan kadar aspal 6,41% pada penambahan kadar serat selulosa 0,15% sampai 0,3% yaitu sebesar 1277,4 kg – 1272,5 kg (Bramasta, Hasanuddin, and Wicaksono 2020).

### 3. Pembahasan

Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa selain serat sintesis Arbocell dan Viatop66, kita bisa menggunakan serat selulosa alami sebagai bahan tambah yang berfungsi sebagai stabilizer pada campuran beraspal SMA, diantaranya serat dedak padi (Tahir 2011), serat ijuk (Hasibuan 2019), serat serabut kelapa dan serat daun nanas (Oktaviani 2019), serat serabut kelapa (Lubis 2019), serat kapuk (Aminin, Hasanuddin, and Koesoemawati 2020), serat tongkol jagung (Bramasta, Hasanuddin, and Wicaksono 2020). Daun nanas memiliki kandungan komposisi kimia yang baik dibandingkan dengan tanaman lainnya, dimana kadar selulosa daun nanas mencapai 69,5% – 71,5%, kadar lignin berkisar antara 4,4% – 4,7%, kadar pektin 1,0%–1,2%, kadar lemak dan wax 3% – 3,3%, kadar abu 0,71% – 0,87%, sedangkan kadar pentosan 17,0% – 17,8% (Hidayat 2008). Perbandingan kadar selulosa serat daun nanas dengan beberapa serat selulosa alami lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.

**Table 3.** Kandungan Selulosa Serat Alami

No	Serat Alami	Kandungan Selulosa (%)	Variasi Serat	Kondisi Optimum
1	Dedak Padi	14,66 14,41%	0%, 5%	7%
2	Serat Ijuk	51,54% 49,44%	0,3% dan SMA standar	0,3% memenuhi
3	Serat Serabut Kelapa	32,69% 37,9%	0,3% dan SMA standar	0,3% memenuhi
4	Serat Kapuk	64%	0,01%	0,075%
5	Serat Tongkol Jagung	41%	0,15%	0,15%

Berdasarkan Tabel 3 tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan kadar selulosa yang terkandung di dalam serat mempengaruhi persentase penggunaan serat di dalam campuran. Dimana semakin tinggi kandungan selulosa yang terkandung di dalam serat maka semakin kecil persentase yang digunakan dalam campuran beraspal SMA, begitupun sebaliknya. Salah satu karakteristik bahan tambah yang dapat digunakan sebagai stabilizer pada campuran SMA adalah serat yang mengandung selulosa. Semakin tinggi kandungan selulosa dalam serat semakin tinggi kemampuan penyerapannya dan menghasilkan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat (Blazejowski 2010). Selulosa memiliki daya serap yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Mayangsari, Apriani, and Veptian 2019; Handayani 2010). Serat nenas mengandung selulosa berkisar 69,5%–71,5% (Hidayat 2008), kandungan selulosa serat nenas tersebut mendekati kandungan selulosa Arborcell, dan Viatop66 seperti terlihat pada Tabel 1. dan Tabel 2. Jika dibandingkan dengan serat alami lainnya yang telah diuji seperti pada Tabel 3, kadar selulosa serat nenas lebih tinggi.

Beberapa pengujian menggunakan serat selulosa alami yang pernah dilakukan seperti pada Tabel 3, dengan kadar selulosa berkisar antara 14 – 64%, menunjukkan kinerja yang baik. Dengan kadar selulosa yang lebih tinggi dari serat alami yang telah diuji, diharapkan penggunaan serat nenas menghasilkan kinerja SMA yang lebih baik. Untuk mengetahui kinerja SMA dengan serat nenas



maka diperlukan perbandingan dengan SMA menggunakan serat sintetis.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan kajian studi literatur terkait review penggunaan serat selulosa alami untuk bahan stabilizer campuran beraspal SMA sebagai pengganti serat sintetis Arbocell dan Viatop66, dapat disimpulkan bahwa terdapat berbagai jenis serat selulosa alami yang dapat digunakan sebagai bahan tambah pada campuran SMA karena telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Revisi 2 tahun 2020 tentang campuran SMA. Serat selulosa alami tersebut diantaranya yaitu serat dedak padi (Tahir 2011), serat ijuk (Hasibuan 2019), serat serabut kelapa dan serat daun nanas (Oktaviani 2019), serat serabut kelapa (Lubis 2019), serat kapuk (Aminin, Hasanuddin, and Koesoemawati 2020), serat tongkol jagung (Bramasta, Hasanuddin, and Wicaksono 2020). Serat daun nanas memiliki berpotensi besar dapat digunakan sebagai bahan tambah di dalam campuran karena kandungan serat selulosa lebih baik dibanding Viatop66 dan mendekati Arbocell.

Untuk membuktikan kajian literatur tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dan agar mengetahui kinerja SMA dengan serat nenas maka diperlukan perbandingan dengan SMA menggunakan serat sintetis.

#### References

- AASHTO M 325-08. 2012. *Standard Specification for Stone Matrix Asphalt (SMA)*. Technical report M 325-08.
- Abdillah, Ahmat Fatha, Novita Pradani, and Joy Fredi Batti. 2018. Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Viatop66 Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Terhadap Titik Lembek Aspal Dan Sifat Drain Down Campuran. *Jurnal Unitek*.
- Abdillah, Nuryasin. 2016. Karakteristik Marshall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) menggunakan Aspal Retona Blend 55 dan Penambahan Serat dari Karung Goni. *Jurnal HPJI (Hiimpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*.
- Aminin, Riza Millatul, Akhmad Hasanuddin, and Dewi Junita Koesoemawati. 2020. Karakteristik Marshall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan Penambahan Selulosa Serat Kapuk. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan* 4 (1): 72–82. issn: 25489518. <https://doi.org/10.19184/jrsl.v4i1.15822>.
- Blazejowski, Krzysztof. 2010. *Stone Matrix Asphalt Theory and Practice*. Boca Raton: CRC Press.
- Bramasta, Agusty Maulana, Akhmad Hasanuddin, and Luthfi Amri Wicaksono. 2020. Kinerja Marshall pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*.
- BSN. 2015. *Stone Matrix Asphalt (SMA) Specifications*. Technical report SNI 8129.
- Ditjen Bina Marga. 2020. *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Technical report 16.1/SE/Db/2020.
- Faisal, Ruhdi, Abdi Azizul Hakim, and Muctaruddin. 2020. Perbandingan Metode Bina Marga Dan Metode Pci (Pavement Condition Index) Dalam Mengevaluasi Kondisi Kerusakan Jalan (Studi Kasus Jalan Tengku Chik Ba Kurma, Aceh). *Teras Jurnal*.
- Firman, Sri Hastuti, Muris Muris, and Subaer Junaidi. 2015. Studi Sifat Mekanik dan Morfologi Komposit Serat Daun Nanas-epoxy Ditinjau dari Fraksi Massa dengan Orientasi Serat Acak. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika* 11 (2): 185–191. issn: 25486373. <https://doi.org/10.35580/jspf.v11i2.1487>.
- Handayani, Aries Wiwit. 2010. Penggunaan selulosa daun nanas sebagai adsorben logam berat cd(ii). Bachelor's Thesis, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hasibuan, Fadzil Noor. 2019. Pengaruh penggunaan serat ijuk sebagai bahan penambah serat selulosa pada campuran split mastic asphalt (sma). Bachelor's Thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Hidayat, Pratikno. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknoin* 13 (2): 31–35. issn: 08538697.
- Kondo, Yan, and Muhammad Arsyad. 2018. Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali. *Intek* 5 (2): 94–97. issn: 23390700.
- Lubis, M. Iqbal Azhari. 2019. Pengaruh penggunaan serat serabut kelapa sebagai bahan penambah serat selulosa pada campuran split mastic asphalt (sma). Bachelor's Thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



- Manaf, Hasyim Abdul. 2021. Kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin dedak padi pada berbagai varietas padi di kabupaten bima. Bachelor's Thesis, Universitas Mataram.
- Mardiyati, Mardiyati, Raden Reza Rizkiansyah, Steven Steven, Arif Basuki, and R Suratman. 2016. Serat Kapuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Mikrokristalin Selulosa. *Jusami* 17 (4): 172–177. ISSN: 2614087X.
- Mayangsari, Novi Eka, Mirna Apriani, and Egata Dwi Veptian. 2019. Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (Ananas Cosmosus) Sebagai Adsorben Logam Berat Cu. *Journal of Research and Technology* 5 (2): 129–138. ISSN: 24605972.
- Oktaviani, Devi Rizki Wulan. 2019. Pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas sebagai bahan penambah serat selulosa pada campuran split mastic asphalt (sma). Bachelor's Thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Parhusip, Arrye Genap. 2017. Oksidasi hidrogel yang dihasilkan dari selulosa tongkol jagung (zea mays l) menggunakan tempo. Bachelor's Thesis, Universitas Sumatera Utara.
- Prasetyo, Dian, Yuyun Estriyanto, and Budi Harjanto. 2013. Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Bahan Gesek Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor. *Nosel* 1 (4): 1–8. ISSN: 23950056.
- Purwanto, Purwanto. 2010. *Panduan bertanam dan budi daya nanas*. Jakarta: Edu Pustaka.
- Radetyo, Ringgo. 2016. Kajian implementasi laboratorium terhadap sni 8129:2015 tentang spesifikasi stone matrix asphalt (sma) menggunakan aspal penetrasi 60/70. Master's thesis, Universitas Gadjah Mada.
- Ramadani, Tri Yanuarti. 2020. Pengaruh penggunaan dedak gandum sebagai bahan pengganti serat selulosa arbocell pada aspal laston ac-wc. Bachelor's Thesis, Institut Teknologi PLN.
- Rohmatullah, M Arif and Maulia, Pradila and Maulia, Pradita and Ulfyanti, Sakinah and Amir, Faizal and Nawawi, Deded Sarip. 2013. *Serat kapuk (ceiba pentandra) sebagai absorban untuk pengendalian pencemaran limbah minyak*. Technical report 050/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/V/2013.
- Santoshkumar, Santoshkumar, Nagesh Sugandhi, Ramesh Baragani, and Bharath Koner. 2020. Laboratory Studies on Stone Matrix Asphalt mix prepared using Lime and cement as Filler material and Cellulose Arbocel Fibre. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 7 (1): 408–414. ISSN: 23950056.
- Sitepu, Evi Christiani. 2019. Karakterisasi dan analisis kemampuan serat ijuk dengan filler boron karbida/ boraks/ gadolinium oksida sebagai kandidat perisai radiasi neutron thermal. Dissertation, Universitas Sumatera Utara.
- Suaryana, Nyoman. 2012. Kajian Material Stone Matrix Asphalt Asbuton Beradasrkan Kriteria Deformasi Permanen. *Jalan dan Jembatan*.
- Tahir, Anas. 2011. Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi* 1 (1): 27–41. ISSN: 20877935.